

THESIS

Munich

1964

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

Isotopenstudien über die Wirkung
physikalisch-therapeutischer Maßnahmen auf die
Leberdurchblutung

Wunibald Behringer

Aus Institut und Poliklinik für Physikalische Therapie und Röntgenologie
der Universität München
- Rieder-Institut -
Direktor: Prof. Dr. H. v. Braunbehrens

ISOTOPENSTUDIEN ÜBER DIE WIRKUNG
PHYSIKALISCH-THERAPEUTISCHER MASSNAHMEN
AUF DIE LEBERDURCHBLUTUNG

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt
von
Wunibald Behringer
aus
Bad Wiessee/Obb.

München 1964

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. H. W. Pabst

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. H. v. Braunbehrens

Dekan: *Prof. Dr. R. Bachmann*

Tag der mündlichen Prüfung: *9.8.68*

A. METHODE

Die Methode ist in der Arbeit von Peller (1) festgelegt und bezüglich ihrer Reproduzierbarkeit bewiesen worden. Sie beruht auf der blutigen Ermittlung der Radio-Gold-Clearance des Plasmas. Wir konnten sie in ihren wesentlichen Merkmalen unverändert übernehmen.

1. Kurzer Überblick

Im zeitlichen Abstand von etwa 60 Minuten werden an einem Patienten zwei Teste (A und B) durchgeführt. Pro Test werden i. v. 30 - 50 mC kolloidales Au^{198} gegeben. Die verabreichte Gesamtmenge an Trägersubstanz von kolloidalem Au^{197} hat dabei unter der von Vetter (2) angegebenen Grenze von 150 μgm zu bleiben. Je 3 Minuten nach der Injektion wird mit den 9 Blutabnahmen begonnen, die einander im Abstand von genau 1 Minute folgen. (Während dieser Abnahmezeiten zeigt die Clearance-Kurve noch einen rein exponentiellen Abfall.) Vor Test A erfolgt eine Abnahme zur Bestimmung des Leerwertes des Patienten. Vor Test B macht man zwei Entnahmen zur Bestimmung der langsamen Komponente von Test A.

Die Messungen werden im Bohrloch eines Szintillationszählers vorgenommen. Die Zählrate der langsamen Komponente von Test A wird von den Zählraten des Testes B abgezogen. Die Ermittlung der Klärwertkonstanten $k_{a/b}$ geschieht auf rein rechnerischem Wege. Auf eine graphische Auswertung verzichten wir wegen der mangelnden Genauigkeit. Der Patient unterliegt beim Test A keiner Belastung, beim Test B jedoch physikalisch-therapeutischen (oder anderen) Einwirkungen. Ein Vergleich der errechneten $k_{a/b}$ erlaubt nun qualitative Rückschlüsse auf das Verhalten der Leberdurchblutung.

2. Zur Durchführung der Versuche

Nach Test A muß die Blutentnahme-Kanüle jeweils entfernt und für Test B eine frische Kanüle gelegt werden. Nur so können die Entnahmen auch beim Zweitest mit der erforderlichen zeitlichen Genauigkeit durchgeführt werden. Kanülen hingegen, die 45 Minuten lang mit

Natrium citricum freigehalten werden (Peller), gehen beim Zweittest fast regelmäßig zu.

Auch die Stauung hat Bedeutung. Wir legten sie immer genau 20 Sekunden vor der einzelnen Blutentnahme an. Wenn man die Durchmischungsgeschwindigkeit im Einzugsbereich der benützten Vene pro Test als gleichbleibend annehmen darf, wurden so für jede Einzelabnahme möglichst gleiche Vorbedingungen getroffen.

3. Zur rechnerischen Ermittlung der $k_{a/b}$

Die Ausführungen von Peller besagen, daß die rechnerische Ermittlung der $k_{a/b}$ umständlicher ist als die graphische. Die von Peller verwendete Formel (a) läßt sich aber vereinfachen.

$$k_{a/b} = \frac{\sum t_i \cdot \ln N_i - \overline{\ln N} \cdot \sum t_i}{\sum t_i^2 - \bar{t} \cdot \sum t_i} \quad (a)$$

Da $\overline{\ln N} \cdot \sum_1^n t_i = \frac{\sum_1^n \ln N_i \cdot \sum_1^n t_i}{n} = \bar{t} \cdot \sum_1^n \ln N_i$, folgt:

$$k_{a/b} = \frac{\sum t_i \cdot \ln N_i - \bar{t} \cdot \sum \ln N_i}{\sum t_i^2 - \bar{t} \cdot \sum t_i} \quad (b)$$

Ferner gilt: $\sum t_i \cdot \ln N_i = \frac{1}{M} \cdot \sum t_i \cdot \lg N_i$;

$$\sum \ln N_i = \frac{1}{M} \cdot \sum \lg N_i$$

(Modul $M = \lg e = 0,4343$) Deshalb folgt:

$$k_{a/b} = \frac{\sum t_i \cdot \lg N_i - \bar{t} \cdot \sum \lg N_i}{M \cdot (\sum t_i^2 - \bar{t} \cdot \sum t_i)} \quad (c)$$

Da es möglich ist, die 9 Abnahmezeiten genau einzuhalten, ergibt sich durch Einsetzen der Werte von t ($t_1 = 3'$, $t_2 = 4'$,, $t_9 = 11'$):

$$k_{a/b} = \frac{\sum t_i \cdot \lg N_i - 5 \sum \lg N_i}{60 M} \quad (d)$$

Der dekadische Logarithmus ist viel schneller zu ermitteln als der natürliche. Die 1 mal vorzunehmende Rückrechnung in den natürlichen Logarithmus (durch den Modul M) ist sehr kurz. Verglichen mit (a) ist der Rechen- und Zeitaufwand bei (d) erheblich geringer.

Beispiel zu (d):

(Reihe 8, Versuch 4, Test A)

N_i [Imp./min.]	$\lg N_i$	t_i [min.]	$t_i \cdot \lg N_i$
32015	4,5054	1	4,5054
23261	4,3666	2	8,7332
19526	4,2906	3	12,8718
17231	4,2363	4	16,9452
14259	4,1541	5	20,7705
11516	4,0613	6	24,3678
9761	3,9895	7	27,9265
8601	3,9345	8	31,4760
7390	3,8686	9	34,8174
Summe:	37,4069		182,4138

$$k_a = \frac{182,4138 - 5 \cdot 37,4069}{60 M} = - \frac{0,07701}{M}; \quad k_a = - 0,177$$

=====

B. PATIENTEN

Unter den zu Versuchen herangezogenen Patienten wies keiner wesentliche Herz-, Kreislauf- oder Leberschäden auf. Manche Patienten wurden zweimal getestet, jedoch nicht in ein und derselben Versuchsreihe. (Würde gerade ein solcher Patient eine vom Durchschnitt abweichende Reaktion der Leberdurchblutung zeigen, so könnte diese bei zweimaligem Testen in einer Versuchsreihe das Ergebnis der Versuchsreihe wesentlich stören.)

C. ERGEBNISSE

Insgesamt liegen 57 verwertbare Doppelteste vor. 53 entfallen auf die 10 planmäßigen Versuchsreihen. Über die 4 weiteren Versuche werde ich im Anschluß an die Ergebnisse der Versuchsreihen berichten. - Die Signifikanzermittlung wurde mit der t-Verteilung nach Student vorgenommen.

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}}; \quad s_{\bar{d}}^2 = \frac{\sum d^2 - \bar{d} \cdot \sum d}{n(n-1)}; \quad \bar{d} = \text{Mittelwert von } k_b - k_a$$

$$s_{\bar{d}} = \text{Standartabweichung von } \bar{d}$$

Reihe 1: Kurzweile

Den im Kondensatorfeld des Kurzwellen-Behandlungskreises liegenden Patienten wurden ventral und dorsal großflächige Elektroden angelegt. 5 Minuten vor Test B wurde mit der Kurzwellenapplikation begonnen. Die Stromstärke wurde so gewählt, daß sie dem Patienten noch erträglich erschien; sie lag bei 80 mA.

Bei allen Patienten nahm die Leberdurchblutung zu.

Tabelle 1 (mit Beispiel der Ausrechnung)

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,084	0,115	1,369	1,874161	0,031	0,000961
2	0,169	0,195	1,154	1,331716	0,026	0,000676
3	0,094	0,127	1,351	1,825201	0,033	0,001089
4	0,085	0,100	1,176	1,382976	0,015	0,000225
5	0,135	0,140	1,037	1,075369	0,005	0,000025
Summe:			6,087	7,489423	0,110	0,002976
Mittelwert:			$\bar{x} = 1,2174$		$\bar{d} = 0,022$	
Standartabweichung:						
				$s^2 = \frac{7,489423 - 6,087 \cdot 1,2174}{4}$		$s = 0,141$
						=====

Signifikanz: $s_{\frac{2}{d}} = \frac{0,002976 - 0,11 \cdot 0,022}{20}$; $s_{\overline{d}} = 0,005272$
 =====

$t = \frac{0,022}{0,005272}$; $t = 3,719$; Freiheitsgrad $v = n - 1 = 4$

(P = Irrtumswahrscheinlichkeit) $2\% < P < 2,5\%$
 =====

Die Durchblutungszunahme (ermittelt aus $100 \overline{x} - 100$) von fast 22% ist somit signifikant.

Reihe 2: Galvanischer Strom

Anordnung großflächiger Elektroden wie bei Reihe 1. Der Strom wurde 5 Minuten vor dem Zweitest auf 4 mA hochgeregelt und blieb während der Blutentnahmen auf gleicher Höhe.

Von 5 Patienten zeigten 2 eine Leberdurchblutungszunahme, 3 eine Abnahme.

Tabelle 2

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,104	0,105	1,010	1,020100	0,001	0,000001
2	0,137	0,132	0,964	0,929296	-0,005	0,000025
3	0,086	0,099	1,151	1,324801	0,013	0,000169
4	0,143	0,131	0,916	0,839056	-0,012	0,000144
5	0,074	0,073	0,986	0,972196	-0,001	0,000001
Summe:			5,027	5,085449	-0,004	0,000340
Mittelwert:			1,0054		-0,0008	

$s = 0,088$
 $t = 0,195$
 $v = 4$

$80\% < P < 90\%$
 =====

P besagt, daß $\overline{d}$ nur zufällig von 0 abweicht. Es besteht keine signifikante Änderung der Leberdurchblutung.

Reihe 3: Galvanischer Grundstrom von 3 mA, dem ein niederfrequenter Impulsstrom von 1 mA überlagert ist, der rhythmisch zwischen 50 und 100 Hz wechselt.

Die Versuche wurden wie die vorhergehenden durchgeführt. Der Impulsstrom wurde dem Jonomodulator entnommen (Impulswahl 3).

Von 5 Patienten zeigten 3 eine Zunahme der Leberdurchblutung, 2 eine Abnahme.

Tabelle 3

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,118	0,121	1,025	1,050625	0,003	0,000009
2	0,093	0,113	1,215	1,476225	0,020	0,000400
3	0,102	0,124	1,216	1,478656	0,022	0,000484
4	0,122	0,111	0,910	0,828100	-0,011	0,000121
5	0,148	0,130	0,878	0,770884	-0,018	0,000324
Summe:			5,244	5,604490	0,016	0,001388
Mittelwert:			1,0488		0,0032	
s =	0,162					
t =	0,399					
v =	4					

$$70\% < P < 80\%$$

=====

Es besteht keine signifikante Änderung der Leberdurchblutung.

Reihe 4: Geringer galvanischer Grundstrom von 1,5 mA, dem ein Impulsstrom (50 und 100 Hz) von nunmehr 3 mA überlagert ist.

Die Versuche wurden wie die vorhergehenden durchgeführt.

Bei allen Patienten nahm die Leberdurchblutung zu.

Tabelle 4

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,103	0,117	1,136	1,290496	0,014	0,000196
2	0,079	0,094	1,190	1,416100	0,015	0,000225
3	0,117	0,122	1,043	1,087849	0,005	0,000025
4	0,159	0,160	1,006	1,012036	0,001	0,000001
5	0,106	0,109	1,028	1,056784	0,003	0,000009
6	0,172	0,186	1,081	1,168561	0,014	0,000196

Summe: 6,484 7,031826 0,052 0,000652

Mittelwert: 1,0807 0,0087

s = 0,070

t = 3,373

v = 5

$1\% < P < 2\%$

=====

Die Durchblutungszunahme von 8% ist signifikant.

Reihe 5: Hoher Impulsstrom (50 und 100 Hz) von 4 mA.
Kein galvanischer Grundstrom.

Die Versuche wurden wie die vorhergehenden durchgeführt.

Bei allen Patienten nahm die Leberdurchblutung zu.

Tabelle 5

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,119	0,122	1,025	1,050625	0,003	0,000009
2	0,122	0,139	1,139	1,297321	0,017	0,000289
3	0,132	0,156	1,182	1,397124	0,024	0,000576
4	0,144	0,153	1,063	1,129969	0,009	0,000081
5	0,088	0,097	1,102	1,214404	0,009	0,000081
6	0,136	0,164	1,206	1,454436	0,028	0,000784

Summe: 6,717 7,543879 0,090 0,001820

Mittelwert: 1,1195 0,015

$$s = 0,070$$

$$t = 3,79$$

$$v = 5$$

$$1\% < P < 2\%$$

=====

Die Durchblutungszunahme von 12% ist signifikant.

Reihe 6: Impulsstrom von gleichbleibend 100 Hz aus dem Jonomodulator. Stärke: 4 mA. Kein galvanischer Grundstrom.

Die Versuche wurden wie die vorhergehenden durchgeführt.

Von 5 Patienten zeigten 3 eine Zunahme der Leberdurchblutung, 2 eine Abnahme.

Tabelle 6

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,163	0,147	0,902	0,813604	-0,016	0,000256
2	0,156	0,165	1,058	1,119500	0,009	0,000081
3	0,102	0,118	1,157	1,338333	0,016	0,000256
4	0,133	0,127	0,955	0,912025	-0,006	0,000036
5	0,120	0,121	1,008	1,016250	0,001	0,000001
Summe:			5,080	5,199712	0,004	0,000630
Mittelwert:			1,016		0,0008	

$$s = 0,098$$

$$t = 0,143$$

$$v = 4$$

$$80\% < P < 90\%$$

=====

Es besteht keine signifikante Änderung der Leberdurchblutung.

Reihe 7: Rotlicht

Während Test B wurde auf den re. Oberbauch der Patienten Rotlicht appliziert. Die Entfernung der 100-Watt-Lichtquelle vom Patienten wurde dabei so eingestellt, daß die Wärmeentwicklung noch tragbar erschien. Der Durchschnittswert der Entfernung lag bei 15 cm.

Im Anschluß an den Versuch zeigte sich bei allen Patienten eine deutliche Hyperämie der bestrahlten Hautbereiche.

Von 6 Patienten zeigten 3 eine Durchblutungszunahme, 3 eine Durchblutungsabnahme.

Tabelle 7

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,142	0,141	0,993	0,986049	-0,001	0,000001
2	0,163	0,166	1,018	1,036324	0,003	0,000009
3	0,130	0,147	1,131	1,279161	0,017	0,000289
4	0,169	0,168	0,994	0,988036	-0,001	0,000001
5	0,137	0,125	0,912	0,831744	-0,012	0,000144
6	0,128	0,135	1,055	1,113025	0,007	0,000049
Summe:			6,103	6,234339	0,013	0,000493
Mittelwert:			1,017		0,00217	

$$s = 0,074$$

$$t = 0,5513$$

$$v = 5$$

$$60\% < P < 70\%$$

=====

Es besteht keine signifikante Änderung der Leberdurchblutung.

Reihe 8: Kraftfrühstück

Die Patienten kamen nüchtern zu Test A. Etwa 25 Minuten vor Test B erhielten sie dann ein sehr reichliches Frühstück.

Bei allen Patienten nahm die Leberdurchblutung zu.

Tabelle 8

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,163	0,168	1,031	1,062961	0,005	0,000025
2	0,117	0,141	1,205	1,452025	0,024	0,000576
3	0,091	0,101	1,110	1,232100	0,010	0,000100
4	0,177	0,216	1,220	1,488400	0,039	0,001525
5	0,159	0,170	1,069	1,142761	0,011	0,000121

Summe: 5,635 6,378247 0,089 0,002347

Mittelwert: 1,127 0,0178

s = 0,083

t = 2,88

v = 4

2,5% < P < 5%

=====

Die Durchblutungszunahme um 13% ist signifikant.

Reihe 9: CO₂-Bad

Etwa 5 Minuten vor Test B kamen die Patienten in ein thermoindifferentes CO₂-Bad, das nicht abgedeckt war. Sie blieben im Bad bis nach Beendigung der Blutentnahmen. - Bei Test A hatten wir besonders darauf geachtet, daß der Körper der Patienten auf der Liege ungefähr dieselbe Lage einnahm wie bei Test B in der Wanne.

Bei allen Patienten nahm die Leberdurchblutung ab.

Tabelle 9

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,102	0,097	0,951	0,904401	-0,005	0,000025
2	0,125	0,119	0,952	0,906304	-0,006	0,000036
3	0,164	0,146	0,890	0,792100	-0,018	0,000324
4	0,120	0,112	0,933	0,870489	-0,008	0,000064
5	0,108	0,097	0,898	0,806404	-0,011	0,000121

Summe: 4,624 4,279698 -0,048 0,000570

Mittelwert: 0,9248 -0,0096

$$s = 0,029$$

$$t = 4,1$$

$$v = 4$$

$$1\% < P < 2\%$$

=====

Die Durchblutungsabnahme um 7,5% ist signifikant.

Reihe 10: Schwefel-Bad

Die Versuche wurden wie in Reihe 9 durchgeführt. Auch das Schwefel-Bad war thermoindifferent.

Bei allen Patienten nahm die Leberdurchblutung ab.

Tabelle 10

Test-Nr.	k_a	k_b	$x = k_b/k_a$	x^2	$d = k_b - k_a$	d^2
1	0,179	0,160	0,894	0,799236	-0,019	0,000361
2	0,143	0,133	0,930	0,864900	-0,010	0,000100
3	0,171	0,155	0,906	0,820836	-0,016	0,000256
4	0,145	0,138	0,952	0,906304	-0,007	0,000049
5	0,170	0,162	0,953	0,908209	-0,008	0,000064
Summe:			4,635	4,299485	-0,060	0,000830
Mittelwert:			0,927		-0,012	

$$s = 0,027$$

$$t = 5,117$$

$$v = 4$$

$$0,5\% < P < 1\%$$

=====

Die Durchblutungsabnahme um 7,3% ist signifikant.

ANHANG:

1. Durchblutungsänderung nach Aszites-Punktion

Bei einem Fall von Peritoneal-Karzinose wurden über 3 l Aszites abpunktiert. Vor der Punktion ergab sich: $k_a = -0,144$; nachher: $k_a = -0,163$. Das entspricht einer Lebermehrdurchblutung um 13,2%.

2. Durchblutungsänderung nach einem hyperthermischen Bad

Nachdem Test A auf der Liege durchgeführt worden war, kam der Patient für 35 Minuten in ein hyperthermisches Bad, in dem seine Körpertemperatur von 37° auf $39,2^{\circ}$ anstieg. Test B erfolgte 15 Minuten nach dem Bad.

Ergebnis: $k_a = -0,107$; $k_b = -0,111$; Mehrdurchblutung der Leber: $3,7\%$.

3. Bei einem Fall von neuro-zirkulatorischen Regulationsstörungen wurden 2 Versuche (Kraftfrühstück, Schwefelbad) durchgeführt, die zwei Tage auseinanderlagen. Der Patient zeigte keine nennenswerte Leberdurchblutungsänderung.

Wegen der Regulationsstörungen des Kreislaufs wurden diese Versuche für die genannten Versuchsreihen nicht gewertet.

Ergebnisse: $k_{1a} = -0,179$; $k_{1b} = -0,177$; $k_{2a} = -0,177$; $k_{2b} = -0,175$. - Daß diese Konstanten so nahe beisammenliegen, mag man hier als weiteren Beweis für die Reproduzierbarkeit der Methode werten.

4. Für das thermoindifferente Bad hat Peller eine hochsignifikante Durchblutungsabnahme um 12% gefunden ($\bar{x} = 0,8824$). Die unsererseits in Reihe 9 und 10 gefundene Minderdurchblutung betrug dagegen (vgl. oben) nur $7,5$ und $7,3\%$. Auf das thermoindifferente Vollbad bezogen, müßten beim CO_2 -Bad wie beim Schwefelbad folglich Mehrdurchblutungen der Leber erzielt werden. - Signifikanzprüfung:

Tabelle 11

Test-Nr.	x_i	$y = x_i / \bar{x}_p$	y^2	$d = x_i - \bar{x}_p$	d^2
1	0,951	1,078	1,162084	0,069	0,004761
2	0,952	1,079	1,164241	0,070	0,004900
3	0,890	1,009	1,018081	0,008	0,000064
4	0,953	1,057	1,117249	0,051	0,002601
5	0,898	1,018	1,036324	0,016	0,000256

Summe: 5,241 5,497979 0,214 0,012582

Mittelwert: $\bar{y} = 1,0482$ $\bar{d} = 0,0428$

s = 0,033

t = 3,271

v = 4

$2,5\% < P < 5\%$

=====

Die beim CO₂-Bad in Bezug auf das thermoindifferente Vollbad aufgetretene Leberdurchblutungszunahme um 4,8% ist signifikant.

Tabelle 12 $\bar{x}_p = 0,8824$; x_i der Reihe 10.

Test-Nr.	x_i	$y = x_i / \bar{x}_p$	y^2	$d = x_i - \bar{x}_p$	d^2
1	0,894	1,013	1,026169	0,012	0,000144
2	0,930	1,054	1,110916	0,048	0,002304
3	0,906	1,027	1,054729	0,024	0,000576
4	0,952	1,079	1,164241	0,070	0,004900
5	0,953	1,080	1,166400	0,071	0,005041
Summe:		5,253	5,522455	0,225	0,012965
Mittelwert:		$\bar{y} = 1,0506$		$\bar{d} = 0,045$	

$$s = 0,030$$

$$t = 3,776$$

$$v = 4$$

$$1\% < P < 2\%$$

=====

Die beim Schwefelbad in Bezug auf das thermoindifferente Vollbad aufgetretene Leberdurchblutungszunahme um 5,1% ist signifikant.

D. DISKUSSION

1. Methode

Wie eingangs erwähnt, hat bereits Peller den Nachweis erbracht, daß die blutige Methode für unsere Zwecke auf jeden Fall geeigneter ist als die von Vetter (2) angegebene unblutige. (Die Durchmischungsgeschwindigkeit in den Armen ist größer und konstanter als in den Beinen. Nach der Methode von Vetter werden die Aktivitätsmessungen an den Beinen mit einem zwischen die Waden gelegten Zählrohr durchgeführt.) Ich verweise auf Pellers Ausführungen. Bezüglich der Fehlerbreite der Methode sollen jedoch 2 Punkte gesondert hervorgehoben werden:

a) Die Patienten haben über den Versuch meist unklare Vorstellungen und ängstigen sich grundlos. Man muß sie beruhigen, um eventuellen Reaktionen des Vegetativum entgegenzuwirken, die in der Lage sind, die Leberdurchblutung störend zu beeinflussen.

b) Auf jeden Fall soll man mit der Trägersubstanz unter der 150 μ gm-Grenze (Vetter) bleiben. Ist man jedoch einmal gezwungen, erheblich größere Mengen an Trägersubstanz zu verabreichen (wenn schon mehrere Halbwertszeiten vorbei sind), sodaß der overloading-effect eintreten könnte, dann muß man alle Versuchsergebnisse $k_b/k_a = x < 1$ vorsichtig beurteilen. Die Ergebnisse mit $x > 1$ beweisen auch dann noch eine eindeutige Leberdurchblutungszunahme.

2. Allgemeines über den Leberkreislauf

a) Nach dem Hagen-Poiseuille'schen Gesetz werden in Blutgefäßen auftretende Strömungswiderstände durch Engstellen der Gefäße erhöht, durch Weiterstellen der Gefäße erniedrigt. Um das besondere Verhalten des Leberkreislaufes in Abhängigkeit von den Strömungswiderständen des Splanchnikus-Gebietes zu veranschaulichen, bedient sich Bradley des Vergleiches mit der Wheatstoneschen Brücke. Dieser ist jedoch z. T. irreführend.

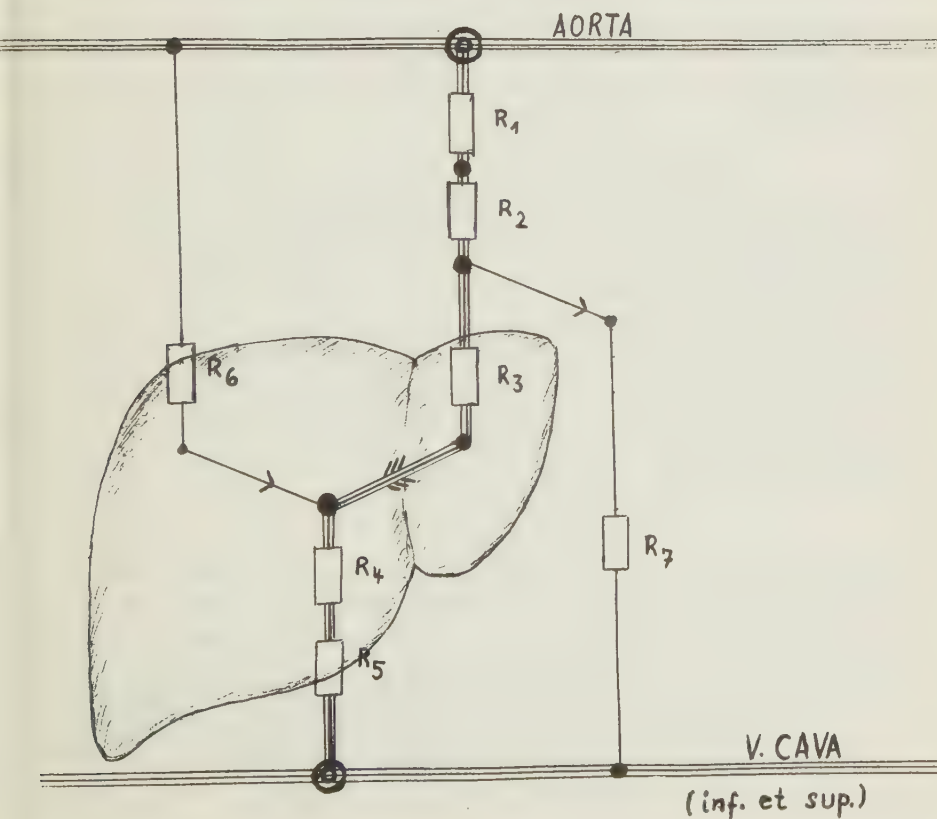
So fließt über das Anzeiginstrument der Wheatstoneschen Brücke Strom je nach Spannungsgefälle in unterschiedlicher Richtung. Bradley vergleicht dieses Instrument mit dem Strömungswiderstand im Bereich der portalen Venolen. Man möchte nun schließen, daß die portalen Venolen bisweilen auch von der A. hepatica her in Richtung V. portae durchfließen werden. Das trifft aber nicht zu.

b) Das Schema auf Seite 15 zeigt die Leberkreislaufverhältnisse übersichtlich und eindeutig. Die Strombahn des Pfortader-Lebervenen-Bereiches ist fett eingezeichnet. Die möglichen Richtungen des Blutstroms sind festgelegt.

c) Die Strömungswiderstände R_1 , R_3 , R_5 , R_6 und R_7 sind durch Vasomotoren veränderlich. R_2 wird durch Lumenveränderungen der V. portae (z. B. bei Aszites) bestimmt. R_4 hängt im wesentlichen vom Zustand des Leberparenchyms ab.

SCHEMA DES LEBERKREISLAUFES UND SEINER HAUPTSÄCHLICHEN STRÖMUNGSWIDERSTÄNDE

- R_1 = Strömungswiderstand im Einzugsbereich der V. portae
- R_2 = Strömungswiderstand im Verlauf der V. portae
- R_3 = Strömungswiderstand der portalen Venolen
- R_4 = Strömungswiderstand im Bereich der Leberkapillaren
- R_5 = Strömungswiderstände von den Läppchenzentralvenen bis zu den Vv. hepaticae
- R_6 = Strömungswiderstand der A. hepatica
- R_7 = Strömungswiderstand der porto-venösen Anastomosen



3. Allgemeines zur Elektrophysiologie

a) Zur elektrischen Reizung eines Nerven ist eine (wenn auch sehr geringfügige) Leistung erforderlich. Mindestleistung: $N_m = U \cdot I$ [Watt]. Die Belastung des Nerven erfolgt dabei kapazitiv. Denn selbst beim Stich mit einer nadelförmigen Elektrode in den Nerv muß der Strom die Membranen benachbarter Zellen, die wie kleine Kondensatoren wirken, überwinden.

b) Das besagt, daß (von unbedeutenden Verlustströmen abgesehen) Strom nur bei einer Änderung von U fließen kann. (Der Strom verhält sich proportional zur Änderung von U , umgekehrt proportional zum kapazitiven Widerstand des Nerven.) - Wenn kein Strom fließt, wird $N_m = 0$. Deshalb kann es bei konstant angelegter Gleichspannung zu keiner Reizung des Nerven und keiner Erregung des Erfolgsorgans kommen, während solche beim Ein- und Abschalten des Gleichstromes (Veränderung von U) wohl auftreten.

c) Je größer der Unterschied von U , desto größer I , desto schneller wird N_m erreicht. Bei der Rheobase (Schwellenspannung) wird N_m in der Schwellennutzzeit erreicht. Bei der doppelten Rheobase in der 10 mal geringeren Chronaxie-Zeit.

d) Wird N_m überschritten, so erreicht die Reizbarkeit des Nerven bald ein Maximum. Darüber noch hinausgehende Werte sind nutzlos. - In der Abklingphase ist der Nerv gegen weitere Reize refraktär.

e) Jeder Nerv hat seine eigene Mindestleistungskonstante N_m , die jedoch durch Temperatur- und Stoffwechseleinflüsse veränderlich ist.

f) Bei Reizung mit niederfrequentem Wechselstrom erfolgt alle $1/n$ sec ein Einzelreiz. Eine Addition von getrennten Einzelreizen gibt es nach dem Alles-oder-nichts-Gesetz nicht. Die Reizschwelle liegt bei $N_{eff}/n \neq N_m$. - Trifft der einem wirksamen Reiz nachfolgende in die refraktäre Phase, gelangt er nicht zur Wirkung. Trifft er aber genau nach Ende der refraktären Zeit, so ist er und so sind alle weiteren Reize der gleichen Wechselfrequenz wirksam. Es resultiert eine Dauerreizung des Nerven und eine Dauererregung des Erfolgsorgans (Resonanz).

g) Diese Dauererregung kommt ebenfalls bei den Oberwellen der Resonanzfrequenz zustande, solange N_{eff}/n noch größer ist als N_m . Es ist dann jeder 2., 4., 8. Reiz wirksam, doch hört das mit zunehmenden n schnell auf, da N_{eff}/n bald kleiner wird als N_m .

h) Bei Hochfrequenz ist N_{eff}/n auf jeden Fall erheblich kleiner als N_m . Deshalb hat die Hochfrequenz keine Reizwirkung mehr.

4. Versuchsreihen 1 mit 6

a) Kurzweile

Der Behandlungskreis des Diathermie-Gerätes ist induktiv an den Anodenkreis der Endstufe gekoppelt. Die Platten des Kondensators des Behandlungskreises bilden die beiden, dem Patienten angelegten Elektroden. Der Körper des Patienten ist das Dielektrikum dieses Kondensators. Es ist verlustreich und bestimmt den Dämpfungswiderstand R_d des Kreises, über den schadlos Ströme bis zu einigen Ampere fließen können. Dabei entsteht an R_d eine nicht unbedeutende Joule'sche Widerstandswärme.

Diese wirkt im Kapillarbereich hyperämisierend, was bei unseren Versuchen vor allem einer Verminderung von R_1 und R_3 (siehe Schema!) gleichkommt. Dadurch bedingt, nimmt das Stromvolumen der Pfortader zu, weshalb wir eine signifikante Lebermehrdurchblutung (um 22%) gefunden haben. Die durch die gleichzeitig auftretende Erwärmung des strömenden Blutes erzielte Blutviskositätsabnahme (6, Seite 174) dürfte geringfügig sein, doch trägt auch sie zur Durchblutungsvermehrung der Leber bei. - Elektrische Reize auf die Vasomotoren treten gemäß Punkt 3, h nicht auf.

b) Galvanischer Grundstrom

Dieser kann jeder Gleichstromquelle entnommen und mittels angefeuchter Elektroden (geringer Übergangswiderstand) auf den Körper des Patienten übertragen werden.

Eine entscheidende Wärmebildung ist bei unseren Versuchen auf jeden Fall unterblieben. Mit dem sehr geringen Strom $I = 4 \text{ mA}$ hielten wir uns schon an der Grenze der Erträglichkeit für den Patienten.

Der galvanische Strom ändert zwar den Elektrotonus und damit die Reizbarkeit der Nerven. Nach Punkt 3, b bewirkt er aber keinen Reiz. Also ist es verständlich, daß wir keine Änderung der Leberdurchblutung (sie wäre Ausdruck eines Vasomotorenreizes gewesen) finden konnten.

Der Körper stellt für den galvanischen Strom einen rein ohmschen Widerstand dar, dessen Größe auch vom peripheren Blutgefäßnetz beeinflusst wird. Ein nicht unbedeutender Teil des galvanischen Stromes dürfte deshalb sogar den Weg über diese Blutgefäße nehmen, wodurch die Tiefenwirkung gemindert wird.

c) Impulsströme von 50 und 100 Hz abwechselnd, sowie von konstant 100 Hz

Der zur Erzeugung dieser Impulsströme verwendete Jonomodulator (4) ist im Grunde genommen ein Netzgerät, das zwischen Ein- und Zweiweggleichrichtung umschaltbar ist. Auf diese Weise liefert es Wechselspannungshalbwellen von 50 und von 100 Hz, deren Flanken ein Lade-Elyt von 16 μF etwas abflacht. - Die Übertragung der Impulsströme auf den Körper des Patienten geschieht mit angefeuchteten Elektroden wie in 4, b.

Auch hier spielt durch den Strom verursachte Wärmebildung keine Rolle. Für die Niederfrequenz liegt dem Ohmschen Widerstand aber ein kapazitiver Widerstand parallel, der an den Elektrolyten des Körpers auftritt und keine lineare Frequenzabhängigkeit zeigt. (Er nimmt bei Nf. erst ab, um später wieder anzusteigen, sodaß er für Hf. zu vernachlässigen ist.) Es resultiert deshalb eine bessere Tiefenwirkung als beim galvanischen Strom.

Da wir die 1. hierhergehörige Versuchsreihe mit verhältnismäßig hohem galvanischem Grundstrom und niedrigem Impulsstrom (50 und 100 Hz alle Sekunden wechselnd = Courte Période) durchführten, lag N_{eff}/n für den einzelnen Vasomotoren etwa an der Grenze von N_m . Deshalb fanden wir zwar eine leichte Leberdurchblutungszunahme; sie war statistisch jedoch nicht signifikant. - Die zweite Versuchsreihe aber (mit geringem galv. Grundstrom und hoher Impulskomponente der courte période) wie auch die dritte Versuchsreihe (nur Umpulse der courte période) führten, was die 50-Hz-Impulse betrifft, zu einem $N_{\text{eff}}/n > N_m$. Deshalb konnten wir signifikante Lebermehrdurchblutungen feststellen, die 8 und 12% betrugen. - Bei der vierten hierhergehörigen Versuchsreihe hingegen arbeiteten wir mit reinem Impulsstrom (100 Hz = diphasé fixe). Gemäß Punkt 3, g mußte

N_{eff}/n etwa halb so groß sein als bei 50 Hz (100 Hz = 1. Oberwelle von 50 Hz). Damit dürfte jedoch wieder die Grenze $N_{\text{eff}}/n = N_m$ unterschritten worden sein, was erklärt, daß wir keine signifikante Leberdurchblutungssteigerung mehr ermitteln konnten.

Anmerkung: Der festgestellten Lebermehrdurchblutung muß eine Vasodilatation zugrunde liegen. Die durch unsere Impulsströme gereizten Nervenfasern dürften auf reflektorischem Wege die Wirkung der Vasokonstriktoren im Splanchnikusgebiet herabsetzen. - Wegen der in 3, f erwähnten Resonanzmöglichkeit halte ich den Jonomodulator mit seinen beiden festen Frequenzen für nicht voll ausreichend. Ein in der Frequenz regelbarer Tongenerator mit leistungsfähiger Endstufe müßte viel bessere Dienste tun. Man könnte auf einzelne Resonanzfrequenzen eingehen, von denen es bei gemischten Nerven allerdings mehrere geben wird.

5. Versuchsreihe 7: Rotlicht

Diese Versuchsreihe wurde zur Ergänzung der Pellerschen Reihen über Beeinflussung der Leberdurchblutung durch lokale thermische Hautreize durchgeführt. Die Pellerschen Ergebnisse (auch die anderer Autoren) waren nicht signifikant. Das hatte zum Zweifel an der gebräuchlichen Annahme geführt, daß äußere Wärmeeinwirkungen über kuti-viszerale Reflexbögen gleichsinnige Reaktionen im Inneren des Körpers hervorrufen.

Obwohl unsere Versuchsreihe bei jedem Patienten eine deutliche reaktive Hyperämie der mit Rotlicht bestrahlten Hautbereiche zeigte, erwies auch sie keine signifikante Leberdurchblutungsveränderung. - Vielleicht würde infrarotes Licht ausreichende Tiefenwirkung haben, um die Leberdurchblutung durch direkte Wärmeentwicklung zu steigern.

6. Versuchsreihe 8: Kraftfrühstück

Bei Patienten, die erst nüchtern waren, dann ein Kraftfrühstück erhielten, durfte man mit Sicherheit eine bald einsetzende Änderung der Leberdurchblutung erwarten. Tatsächlich konnte eine signifikante Durchblutungssteigerung um 13% nachgewiesen werden.

Wir haben diese Versuchsreihe wegen der sich bietenden Möglichkeit durchgeführt, die bei physikalisch-therapeutischen Einwirkungen aufgefundenen

Leberdurchblutungsänderungen großemäßig mit einer Änderung zu vergleichen, die bei einem physiologischen Vorgang erfolgt. - Der Vergleich kann befriedigen; das Ergebnis dieser Versuchsreihe liegt in der Größenordnung unserer anderen Ergebnisse.

7. Allgemeines über Bäder

Allgemein nimmt man an, daß der im Vollbad allseitig auf den Körper einwirkende hydrostatische Druck das Blut in Richtung des geringsten Widerstandes, zum Thorax hin, verschiebt. Damit erklärt man auch die sicher nachgewiesene (8, Seite 87) erhebliche pulmonale und kardiale Blutfülle.

Gegenbeweis: Im Vollbad addiert sich zum Luftdruck von 1 at ein mittlerer hydrostatischer Druck von etwa 10^{-2} at. Sollte diese geringe Drucksteigerung schon in der Lage sein, die Kreislaufverhältnisse so merklich zu verschlechtern, wie kann es dann Caisson-Arbeiter geben, die in ihren Senkkästen unter Wasser noch bei 2,5 atü (6, Seite 234) arbeiten müssen?

Erklärung: Die im Vollbad beobachteten Kreislaufveränderungen werden nicht durch den geringfügigen hydrostatischen Druck, sondern durch den Auftrieb, den der Körper im Wasser erfährt, verursacht. Das durchschnittliche spezifische Gewicht des Körpers (6, Seite 389) von 1,095 $[g/cm^3]$ ist im von Zusätzen freien Wasser auf 0,095 $[g/cm^3]$ verringert.

a) Was das Abdomen betrifft, verlieren Bauchdecken und Abdominalorgane so ihr eigentliches Gewicht, mit dem sie (beim Menschen wegen des aufrechten Ganges, des aufrechten Sitzens, sowie der in Ruhe zumeist eingenommenen Rückenlage) physiologischerweise auf den großen Blutgefäßen lasten. Der Wegfall dieses Gewichtes, das weniger die Arterien-, in starkem Maße jedoch die Venenlumina einengt, bewirkt eine Zunahme der Venenlumina. Diese Zunahme hört dann auf, wenn der Innendruck der Venen etwa mit dem hydrostatischen Druck übereinstimmt, der sich vom Wasser her über die inkompressiblen Gewebe auf die Venenwände fortpflanzt.

b) Auch die Extremitätenvenen erweitern sich durch auftriebsbedingte Gewichtsabnahmen. Dies geschieht jedoch in geringerem Maße als bei den

Abdominalvenen, da die straffen Faszien der Extremitäten den Volumenzunahmen zumeist hinderlich sind.

c) Andere Verhältnisse finden sich beim Thorax: Der Unterdruck im Pleuraspalt hängt im wesentlichen vom Druck der Atemluft, von den Amplituden der Atembewegungen sowie von der Elastizität des Lungengewebes ab. Eine unmittelbare Änderung dieses Unterdruckes kommt im Vollbad nicht zustande, deshalb auch keine Änderung des Dehnungszustandes der Lungen oder der Gefäßlumina.

d) Die Lumenerweiterung von Gefäßen bewirkt eine Verminderung ihres Strömungswiderstandes (Hagen-Poiseuillesches Gesetz). Deshalb bedingt die Lumenerweiterung der Abdominalvenen ein schnell wachsendes Blutangebot an das re. Herz, damit eine Zunahme des Füllungsdruckes.

e) Dies wiederum bedingt eine stärkere Füllung der Herzkammer, damit ein erhöhtes Schlagvolumen; außerdem wird der Bainbridge-Reflex ausgelöst, der die Herzfrequenz steigert. Zusammengefaßt bedeutet das eine Zunahme des Minutenvolumens.

f) Der Gesamtströmungswiderstand im großen Kreislauf ist durch den verringerten venösen Strömungswiderstand auf passive Weise herabgesetzt. Vom Wärmezentrum ausgelöste aktive (reflektorische) Änderungen peripherer Strömungswiderstände durch die Vasomotoren unterbleiben im thermoidifferenten Bad. - Im hypothermischen Bad setzt eine Vasokonstriktion, im hyperthermischen Bad (unter 40°C) eine Vasodilatation ein (6, Seite 182).

g) Der verringerte Gesamtströmungswiderstand im großen Kreislauf (thermoindifferentes Bad) bedingt, daß es bei erhöhtem Minutenvolumen nur im kleinen Kreislauf zu einer wesentlichen Druckerhöhung kommt. Diese ruft eine deutliche pulmonale Blutfülle (8, Seite 87) hervor. Druckrezeptoren der A. pulmonalis bewirken eine Dilatation der Lungenkapillaren.

h) Druckrezeptoren in der (re.) Herzwand lösen den Bezold-Jarisch-Reflex aus (7, Seite 35). Da schon ein mäßig starker Vagusreiz auf das Herz die Wirkung eines starken akzelerierenden Reizes verdecken kann (6, Seite 165), wird der Bainbridge-Reflex durch den Bezold-Jarisch-Reflex

stark gehemmt. Die anfangs aufgetretene Tachykardie verschwindet; es kann sich sogar eine Bradykardie einstellen. - Reflexe von Carotissinusnerv und Aortennerv bleiben ohne Bedeutung, da es im großen Kreislauf zu keinen nennenswerten Drucksteigerungen, eher gar zu Druckabnahmen (8, Seite 86) kommt.

i) Auch das anfangs erzielte Minutenvolumen nimmt wieder ab. Es bleibt allerdings über dem Normalwert (8, Seite 86). Auf diese Weise wird der erhöhte venöse Blutnachschub zum Herzen aufrechterhalten.

Größenmäßig wird das nunmehrige Minutenvolumen durch das Gleichgewicht festgelegt, das sich zwischen erhöhtem Blutangebot an das Herz und hemmendem Bezold-Jarisch-Reflex einspielt. Dieses Gleichgewicht genügt dem Prinzip der optimalen Ökonomie.

k) Bei kardial gesunden Patienten kommt es im kleinen wie im großen Kreislauf zwar zu Durchblutungssteigerungen, nicht aber zu echten Stauungen.

Gegenbeweis 2: Im Anschluß an die obige Erklärung ist es möglich, die am Anfang von Punkt 7 geschilderte allgemeine Ansicht abermals zu widerlegen:

Wie erwähnt, ergaben eingehende Beobachtungen (8, Seite 86), daß die Blutdruckwerte im thermoindifferenten Vollbad abnehmen können, während das Minutenvolumen zunimmt. Dies ist jedoch nur möglich, wenn der gesamte Strömungswiderstand im großen Kreislauf abnimmt.

Durch die auspressende Wirkung des hydrostatischen Druckes müßte es im großen Kreislauf passiv zu einer Erhöhung der venösen Strömungswiderstände kommen. Nur eine erhebliche kompensatorische Verringerung der arteriellen Strömungswiderstände durch aktive Vasodilatation könnte so noch das trotz Blutdruckabnahme erhöhte Minutenvolumen erklären.

Im thermoindifferenten Bad kommt das Wärmezentrum dafür nicht in Frage. Auch die Reflexe von Carotissinusnerv und Aortennerv, die als einzig mögliche Erklärung dienen könnten, scheiden aus mangels der für sie erforderlichen Druckerhöhungen in Aorta und Carotis.

8. Verhalten der Leberdurchblutung im thermoindifferenten Vollbad

Das Leberminutenvolumen wird durch die arteriovenöse Druckdifferenz und durch die Strömungswiderstände bestimmt, die aus dem Schema auf Seite 15 ersichtlich sind.

Wegen passiver Verminderung der Strömungswiderstände R_1 , R_2 , R_3 , R_5 und R_7 müßte eigentlich eine Lebermehrdurchblutung erwartet werden. Sowohl die Pellerschen, wie auch unsere Versuchsergebnisse zeigen hingegen eine signifikante Minderdurchblutung.

Man muß also eine aktive Drosselung der Leberdurchblutung annehmen, die sogar sehr sinnvoll ist, weil sie dem ohnehin mehrbelasteten Herzen eine Mehrarbeit erspart. - Druckrezeptoren an der Einmündungsstelle der Vv. hepaticae in die V. cava inferior lösen wahrscheinlich bei Drucksteigerungen, die in der V. cava inferior auftreten, reflektorisch über die Fasern des Splanchnikus Vasokonstriktionen aus, die vor allem einer Erhöhung der Strömungswiderstände R_1 , R_3 und R_6 gleichkommen.

9. Versuchsreihen 9 und 10

Beim zusatzfreien thermoindifferenten Vollbad fand Peller eine bedeutendere Leberdurchblutungsabnahme, als wir sie bei den CO_2 -Bädern und bei den Schwefelbädern feststellten. Also muß bei unseren Versuchsreihen eine relative Durchblutungssteigerung stattgefunden haben.

Zur weiteren Sicherung sollte man diesen Befund in einer Versuchsreihe prüfen, die Test A im zusatzfreien thermoindifferenten Vollbad, Test B im thermoindifferenten CO_2 -Bad oder Schwefelbad vorsieht.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Für unsere Studien über die Wirkung physikalisch-therapeutischer Maßnahmen auf die Leberdurchblutung konnten wir die von Peller ausgearbeitete Methode übernehmen. Diese bedient sich der blutigen Ermittlung der Radio-Gold-Clearance des Plasmas.

Durch Formelvereinfachung gelang es, die mathematische Bestimmung der Klärwertkonstanten so zu vereinfachen, daß wir auf die weniger genaue graphische Bestimmung ganz verzichten konnten. - Signifikanzermittlungen wurden mit der t-Verteilung nach Student vorgenommen.

Wir führten 10 Versuchsreihen zu je 5 bis 6 Versuchen durch. - Bei Reihe 1 (Kurzweile) erhielten wir eine signifikante Lebermehrdurchblutung um 22%, die auf die Wärmewirkung des hochfrequenten Stromes zurückzuführen ist.

Bei Reihe 4 und 5 (niederfrequente Impulsströme von 50 und 100 Hz, bei 4 mit galvanischem Grundstrom) erhielten wir ebenfalls signifikante Durchblutungszunahmen und zwar um 8 und 12%. Diese sind durch die Reizeinwirkung niederfrequenter elektrischer Impulse auf Fasern des autonomen Nervensystems zu erklären.

Ferner fanden wir eine signifikante Durchblutungszunahme bei Reihe 8 (Kraftfrühstück), die 13% betrug. Diese durch Beginn der Verdauung physiologisch einsetzende Lebermehrdurchblutung liegt in der Größenordnung unserer anderen, nach physikalisch-therapeutischen Maßnahmen gefundenen Leberdurchblutungsänderungen. Sie stellt eine wertvolle Vergleichsmöglichkeit dar.

Bei Reihe 9 und 10 (CO₂- und Schwefelbäder) stellten sich signifikante Leberdurchblutungsabnahmen um 7,5 und 7,3% heraus. Bei dem im Bad gesteigerten Kreislauf-Minutenvolumen wird die Leberdurchblutung anscheinend auf reflektorischem Wege gedrosselt, um das Herz zu entlasten.

Peller hatte im zusatzfreien thermoindifferenten Vollbad eine Leberminderdurchblutung um 12% gefunden. Damit verglichen, haben wir für das CO₂- und das Schwefelbad relative Durchblutungszunahmen um 4,8 und 5,1% erhalten.

Keine signifikante Leberdurchblutungsänderung fanden wir bei Reihe 2 und 3 (galvanischer Grundstrom, bei 3 mit geringen Impulsströmen von 50 und

100 Hz überlagert). Der galvanische Grundstrom dürfte zum größten Teil über periphere Blutgefäße fließen. Die Tiefenkomponente ist gering; außerdem bewirkt konstanter Gleichstrom keine Erregung von Muskel oder Nerv.

Auch bei Reihe 6 (Impulsstrom von 100 Hz) erhielten wir keine signifikante Leberdurchblutungsänderung. Bei den verwendeten Stromstärken dürfte die Frequenz von 100 Hz für eine Reizung von Fasern des autonomen Nervensystems bereits zu hoch sein.

Ferner erhielten wir bei Reihe 7 (Rotlicht) keine signifikante Leberdurchblutungsänderung, obwohl eine deutliche kutane Hyperämie festzustellen war.

Außerhalb der 10 Versuchsreihen konnten wir bei einem Fall von Peritonealkarzinose nach Abpunktieren von 3 l Aszites eine Lebermehrdurchblutung um 13,2% finden. Der auf das Pfortadersystem einwirkende Aszitesdruck hatte die Strömungswiderstände erhöht und damit zu einer stetigen Leberminderdurchblutung geführt.

Nach einem hyperthermischen Bad erhielten wir eine reaktive Lebermehrdurchblutung um 3,7%.

F. ANHANG

Da der menschliche Körper im Wasser sein Gewicht durch den Auftrieb fast verliert, lassen sich im Vollbad Bedingungen nachahmen, denen Astronauten während der Schwerelosigkeit unterworfen sind (9, Seiten 387 - 400).

Auch die Veränderungen der Leberdurchblutung, die wir im Vollbad gefunden haben, gelten folglich weitgehend für den Zustand der Schwerelosigkeit.

Bei einem gesunden Menschen und kurzzeitiger Einwirkung der Schwerelosigkeit kann eine auf etwa 90% herabgesetzte Leberdurchblutung noch keinerlei Störung der Gesamtstoffwechsellaage bedingen. Auch bei länger andauernder Schwerelosigkeit ist dies unwahrscheinlich, da der Körper Anpassungsmöglichkeiten finden wird, um die Minderdurchblutung auszugleichen.

G. LITERATURNACHWEISE

1. Peller P., Isotopenstudien über die Wirkung physikalisch-therapeutischer Maßnahmen auf die Leberdurchblutung, Dissertation, München 1962.
2. Höfer R. und H. Vetter, Radiogold- und Bromsulphalein-Clearance des Plasmas als klinischer Test der Leberfunktion, Sonderbände zur Strahlentherapie, Band 38, Seite 116, 122, 123.
Urban und Schwarzenberg, München und Berlin, 1958.
3. Pabst H. W., Behandlung peripherer Durchblutungsstörungen mit frequenzmodulierten Impulsströmen, Archiv für physikalische Therapie, 12. Jahrgang 1960, Heft 4, Seite 337, 339.
4. Zinn W., Die Niederfrequenztherapie mit den Strömen Bernards (Diadynamic bzw. Jonomodulator), Archiv für physikalische Therapie, 8. Jahrgang 1956, Heft 1, Seite 1.
5. Dalicho W. A., Überwärmungsbäder und Kurzwellenhyperthermie bei rheumatischen Erkrankungen, Schriftenreihe der ärztlichen Fortbildung, Band IV, Physikalische Therapie und Balneologie, Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1959, Seite 32.
6. Landois-Rosemann, Physiologie des Menschen, 27. unveränderte Auflage, 1955, Urban und Schwarzenberg, München und Berlin.
7. Schütz E., Physiologie, kurzgefaßtes Lehrbuch, 5. verbesserte Auflage, 1958, Urban und Schwarzenberg, München und Berlin.
8. Tietze K. H., Balneotherapie bzw. Hydrotherapie in ihrer Wirkung auf Herz und Kreislauf, Schriftenreihe der ärztlichen Fortbildung, Band IV, Physikalische Therapie und Balneologie, Seite 86, 87, 89.
Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, 1959.

9. Graveline D., Balke B., Effects of Water-Immersion-Induced Hypodynamics, Aerospace Medicine, 32. Jahrgang 1961, Heft 5, Seite 387 - 400, Aerospace Medical Association, Washington 1, D.C.
10. Schwiegk H., Künstliche Radioaktive Isotope in Physiologie, Diagnostik und Therapie, 1. Auflage 1953, Springer-Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg.
11. Bei den Berechnungen verwendet: 4-stellige Logarithmen von Wilhelm Friedrich, Creutzsche Verlagsbuchhandlung, Magdeburg 1943.
12. Für die Statistik verwendet: Documenta Geigy, 6. Auflage, Basel 1960.

Herrn OA. Privatdozent Dr. H. W. PABST danke ich für die Überlassung des Themas und für seine große Teilnahme, ohne die das zügige Voranschreiten der Versuche nicht möglich gewesen wäre.

Ich danke auch Frl. Dr. Schendel für ihre Hilfsbereitschaft, ebenso allen anderen, die mich mit Rat oder Tat unterstützten.

LEBENS LAUF

Am 25. April 1937 kam ich in Tegernsee/Obb. als Sohn des Kaufmanns Hans Behringer und seiner Frau Johanna, geb. Hieber, zur Welt. Kindheit und Jugend verbrachte ich in Bad Wiessee. Dort besuchte ich die Volksschule, anschließend in Tegernsee die Oberrealschule (Sprachlicher Zweig mit großem Latinum). Im Sommer 1957 legte ich die Reifeprüfung ab und begann im Wintersemester 1957/58 mit dem Studium der Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München. Das Physikum bestand ich im Frühjahr 1960. Seit September 1961 arbeitete ich im Riederinstitut an vorliegender Dissertation.

Meine Eltern verlor ich frühzeitig: Am 10. 2. 1953 starb mein Vater an einem Kriegsleiden; am 13. 4. 1957 meine Mutter nach langer, schwerer Krankheit.

Ich beabsichtige, im Frühjahr 1963 das Staatsexamen abzulegen.

